

# EVALUASI SIFAT FISIS-MEKANIS DAN PERMEABILITAS FILM BERBAHAN KITOSAN

## PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES AND PERMEABILITY EVALUATION OF CHITOSAN FILM

Endang Warsiki\*, Juanda Sianturi, dan Titi Candra Sunarti

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB  
Kampus IPB Darmaga PO Box. 220 Bogor 16002  
Email: warsiki@yahoo.com.au

### ABSTRACT

*The aim of this study was to compare the physical-mechanical properties between the packaging film made from chitosan with the garlic extract and the conventional packaging of polypropilene (PP). Garlic extract addition in this film resulted higher thickness and elongation at break compared to the film without garlic extract. However, the film has less strength than others. The results also showed that the properties of break of films based on chitosan were better than those of the commercial film. However, in some other properties, i.e. strength and water vapour transmission rate, PP was still superior than chitosan film. The chitosan film could be easily sealed as good as PP. That means that some part of the films properties is comparable to PP. So far, chitosan film resulted from this study had good prospect as a material to substitute conventional packaging material, such as PP. In addition, the effect of the drawback in permeability could be reduced by adding inert gases or sealing the product in vacuum condition or putting it as secondary or tertiary packaging.*

*Keywords: packaging film, chitosan, garlic extract, polypropylene*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisis-mekanis dan permeabilitas antara film kitosan dengan kemasan komersial polipropilena (PP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa film yang ditambahkan ekstrak bawang putih mempunyai ketebalan, elongasi film yang lebih tinggi dengan kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan film kitosan tanpa ekstrak bawang putih. Jika dibandingkan dengan kemasan komersial PP, film kitosan masih mempunyai sifat fisis-mekanis yang kurang memadai khususnya kekuatan tarik dan laju transmisi uap air. Namun demikian, film kitosan baik dengan atau tanpa penambahan bahan aktif dapat dikelim dengan baik sehingga sangat prospektif sebagai pengganti kemasan konvensional PP. Untuk meningkatkan daya guna kemasan aktif kitosan-ekstrak bawang putih, teknik pemvakuman atau penambahan gas inert dapat diaplikasikan pada kemasan ini sebagai kemasan sekunder atau tersier.

Kata kunci: film, kitosan, ekstrak bawang putih, polipropilena

### PENDAHULUAN

Isu lingkungan, tuntutan hidup sehat dan jaminan perlindungan kemasan untuk keawetan produk, telah mendorong penemuan dan terobosan baru di bidang pengemasan pangan. Kemasan plastik konvensional selama ini telah dianggap sebagai pencemar lingkungan yang paling utama dalam kehidupan modern ini. Lebih lanjut, kemasan plastik, juga dituduh sebagai sumber kontaminan berbahaya bagi kesehatan karena kemungkinannya memindahkan zat kimia dari bahan pembuat kemasan kedalam produk terkemas (BPOM, 2009). Di sisi lain, produsen pangan menginginkan kemasan dapat melindungi dan mempertahankan keawetan produk (Robertson, 1993).

Kemasan *edible/biodegradable* secara komersial telah dikembangkan sebagai kemasan ramah lingkungan (Milda dan Kerry, 2009). Penggabungan bahan aktif ke dalam formulasi kemasan film *edible/biodegradable* bertujuan untuk meningkatkan kemampuan kemasan film tersebut

untuk melindungi dan mempertahankan mutu produk terkemas (Maftoonazad dan Badii, 2009) yang dikenal sebagai kemasan aktif (Seydim dan Sarikus, 2006; Li *et al.*, 2006). Namun demikian, kemasan aktif *edible* maupun *biodegradable* sejauh ini masih mempunyai beberapa kelemahan jika dibandingkan dengan kemasan plastik konvensional (Zhong dan Xia, 2008; Bourtoom, 2009), khususnya sifat fisis dan mekanis (Tharanathan, 2003). Oleh karena ini, aplikasi *edible/biodegradable* masih terbatas sebagai kemasan sekunder atau tersier yang tentunya masih memerlukan kemasan pelindung lain; biasanya dari plastik konvensional; untuk menjalankan fungsinya sebagai kemasan. Usaha untuk memperbaiki kualitas *edible* film sebagai kemasan primer terus dilakukan seperti pemilihan bahan baku dan penambahan aditif tertentu. Dalam penelitian ini dipilih kitosan sebagai dasar kemasan yang dikorporasikan dengan ekstrak bawang putih (EBP) dan gliserol. EBP berfungsi untuk mempererat ikatan matrik kitosan sehingga akan memperbaiki

\*Penulis untuk korespondensi

sifat fisik film. Gliserol memberi peran memperbaiki elastisitas film dan kemudahan film dikelim/di-seal. Dengan demikian film kitosan-EBP diharapkan mempunyai sifat fisis mekanis dan permeabilitas yang memadai sebagai kemasan primer. Sifat fisis-mekanis dan permeabilitas film kitosan ini selanjutnya dibandingkan dengan kemasan plastik polipropilena (PP) untuk memberikan gambaran performa film yang diproduksi dalam penelitian ini.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan antara lain kitosan, asam asetat, gliserol, aquades, EBP, alkohol, indikator PP, dan KOH. Peralatan yang digunakan antara lain peralatan gelas, oven, pelat kaca, peralatan titrasi, *hot plate magnetic stirrer*, neraca digital, dan termometer. Alat yang digunakan untuk uji sifat fisis dan mekanis film antara lain *digital thickness gauge*, *tensile strength and elongation tester strogaph*, *moisture cupmeter* dan spektrofotometer *visible*.

### Metode

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu (i) pembuatan film berbahan kitosan-EBP; (ii) uji pengaruh konsentrasi gliserol terhadap kekuatan *seal* kemasan dan; (iii) uji sifat fisik dan mekanis kemasan terproduksi. Proses pembuatan film kitosan didasarkan pada penelitian Krochta dan Jonston (2003) dengan melarutkan 3 g kitosan dalam asam asetat 1% (v/v) lalu dipanaskan di atas penangas sambil diaduk selama 60 menit sampai homogen. Suhu larutan dijaga tidak melebihi 50°C karena zat aktif pada larutan dikhawatirkan rusak pada suhu tinggi. Setelah larutan homogen maka segera ditambah gliserol dan bahan aktif lain (EBP). Larutan film lalu disimpan dalam oven bersuhu 40°C selama 24 jam kemudian dituang ke atas cetakan pelat kaca secara merata dan dikeringkan selama 24 jam di oven bersuhu 40°C.

Uji pengaruh konsentrasi gliserol terhadap kekuatan keliman plastik dilakukan secara kualitatif yaitu dengan membandingkan kekuatan keliman dari plastik dengan cara sobek pada bagian kelimannya. Plastik yang bagian keliman lebih kuat akan lebih tahan terhadap gaya tarik yang diberikan sehingga bagian yang sobek adalah plastiknya sedangkan bagian kelimannya akan tetap utuh. Konsentrasi gliserol yang diberikan adalah 0,5%, 0,8% dan 1% (v/v).

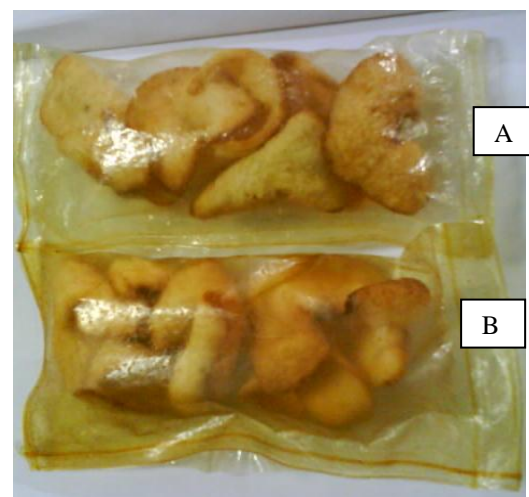
Uji sifat fisik dan mekanis kemasan dilakukan untuk mengetahui kualitas kemasan yang diproduksi dan membandingkan dengan plastik PP (Bening, 1993). Plastik PP ini dipilih karena kemasan kitosan-EBP ini diharapkan mampu menggantikan kemasan ini pada aplikasi komersial sebagai kemasan primer. Uji sifat fisik-mekanis yang dilakukan meliputi nilai transparansi, ketebalan,

kekuatan tarik dan persen pemanjangan (elongasi), laju transmisi uap air dengan metoda uji sesuai dengan standar ASTM (*American Standard Testing Material*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Film Kitosan-EBP

Film yang dibuat pada penelitian ini dibuat dari kitosan dengan penambahan EBP sebagai bahan aktif yang diharapkan dapat memperbaiki sifat permeabilitas film. Hasil film yang didapatkan untuk film tanpa penambahan EBP berwarna lebih terang. Hal ini terjadi karena EBP berwarna coklat gelap sehingga mempengaruhi warna film yang dibentuk. Penampakan dari kedua jenis film tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penampakan visual film kitosan :  
(A) tanpa EBP; (B) dengan EBP

Menurut Lin dan Chuo (2004); Kim dan Thomas (2007), selain bersifat antimikroba, kitosan juga mengandung antioksidan yang dapat membantu menambah umur simpan produk rentan oksidasi. Bahan aktif ini akan mengikat radikal bebas antara lain hidrogen peroksida, anion superoksida dan ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Oleh karena itu film kitosan cocok digunakan untuk mengemas produk yang mengandung minyak atau lemak.

*Plasticizer* yang digunakan dalam pembuatan film ini adalah gliserol. Menurut Nouredini *et al.* (1998), gliserol mempunyai keunggulan sebagai *plasticizer* dibandingkan dengan bahan lain seperti dietilena glikol monometil eter (DEGMENT), etilena glikol (ET), dietilena glikol (DEG), trietilena glikol (TEG) atau tetraetilena glikol. Gliserol mempunyai titik didih tinggi sehingga tidak ada gliserol yang menguap selama proses pembuatan film. Keuntungan lain adalah gliserol tidak berinteraksi dengan molekul protein sehingga film yang terbentuk akan sangat kompatibel, hidrofilik fleksibel, halus, dan tidak

rapuh Gontard *et al.* (1993). Bahan aktif, dalam hal ini EBP, ditambahkan setelah larutan homogen dengan tetap dilakukan pengadukan sampai EBP tercampur secara merata. Pencampuran EBP dilakukan paling akhir karena dikhawatirkan bahan aktif yang terdapat pada EBP akan rusak karena bahan aktif rempah-rempah pada umumnya sensitif terhadap pemanasan (Chen *et al.*, 1985). Hal ini diperkuat dengan pernyataan Dewick (2003) yang menyatakan bahwa alisin yang terdapat pada bawang putih tidak tahan terhadap pemanasan. Bawang putih juga diketahui mempunyai sifat antioksidan dari kandungan alisin (Vaidya *et al.*, 2008) dan antimikroba dari kandungan asam sulfenik.

Pada permukaan film yang ditambah EBP dapat terlihat adanya serat-serat halus yang berasal dari EBP. Hal ini diduga dapat mempengaruhi nilai permeabilitas atau sifat fisik-mekanis yang lain. Film kitosan-bawang putih juga beraroma menarik dibandingkan film tanpa EBP. Aroma dari EBP akan mempengaruhi aroma dari produk terkemas sehingga dapat meningkatkan penerimaan dari konsumen akan produk tersebut.

#### Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Gliserol terhadap Kekuatan Keliman Plastik

Gliserol yang dicampurkan ke larutan bervariasi yaitu 0,5% 0,8% dan 1% (v/v).

Perbandingan karakteristik dari ketiga jenis film tersebut secara kualitatif disajikan pada Tabel 1. Perbedaan dari ketiga jenis film tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 sementara penampakan dari hasil keliman dari film tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi gliserol terhadap karakteristik film kitosan-EBP

Konsentrasi gliserol (v/v)	Tekstur kemasan	Kelenturan kemasan	Kekuatan keliman
0,5%	Kasar	kaku	agak kuat
0,8%	agak kasar	agak kaku	lemah
1,0%	Halus	lentur	lemah

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa film yang dihasilkan dengan konsentrasi gliserol 0,5% lebih kasar dan kaku. Film yang dihasilkan dari larutan dengan konsentrasi gliserol 0,8% lebih plastis dan lentur tetapi teksturnya masih agak kasar sementara film yang dihasilkan dari larutan yang menggunakan konsentrasi gliserol 1% teksturnya lebih halus dan lentur. Film yang telah diperoleh lalu dikelim untuk melihat pengaruh gliserol terhadap kekuatan keliman film tersebut.

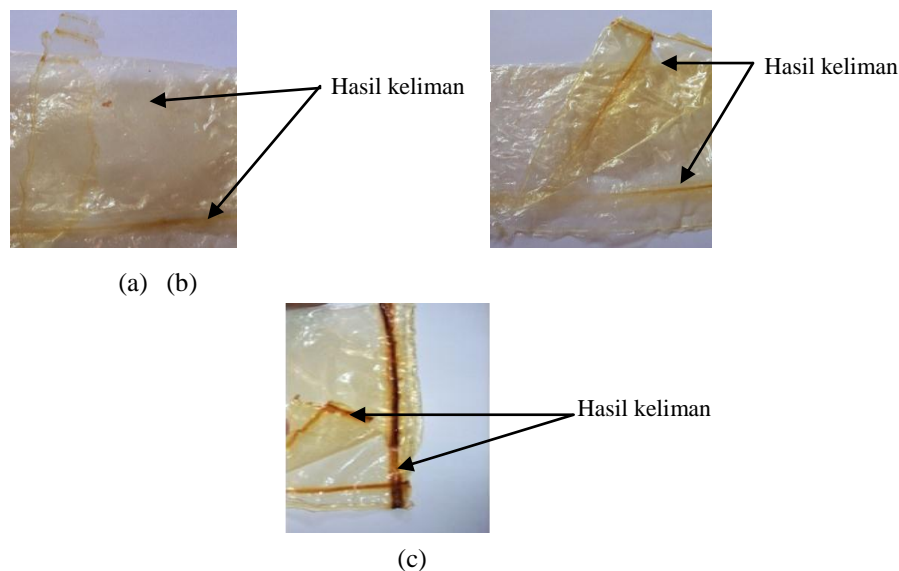


(a) (b)



(c)

Gambar 2. Film kitosan-EBP dengan konsentrasi gliserol: (a) 0,5%; (b) 0,8%; dan (c) 1%



Gambar 3. Hasil keliman kitosan-EBP dengan konsentrasi gliserol: (a) 0,5%; (b) 0,8%; dan (c) 1%

Pada Gambar 3 terlihat bahwa kekuatan keliman setiap film berbeda. Pada film dengan konsentrasi gliserol 0,5% terlihat bahwa jika kedua ujung film tersebut ditarik untuk membuka hasil kelimannya maka film tersebut menjadi robek di bagian keliman. Sementara pada film dengan gliserol 0,8% dan 1% terlihat bahwa apabila kedua ujung film ditarik maka hasil keliman akan terlepas. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil keliman film dengan gliserol 0,5% lebih kuat dibandingkan dengan hasil keliman film dengan gliserol 0,8% dan 1%. Hal ini terbukti dari hasil keliman film yang tidak terlepas walaupun ditarik. Apabila ditarik lebih kuat maka film tersebut akan robek pada bagian kelimannya yang berarti bahwa nilai kekuatan keliman lebih besar dari nilai ketahanan sobeknya.

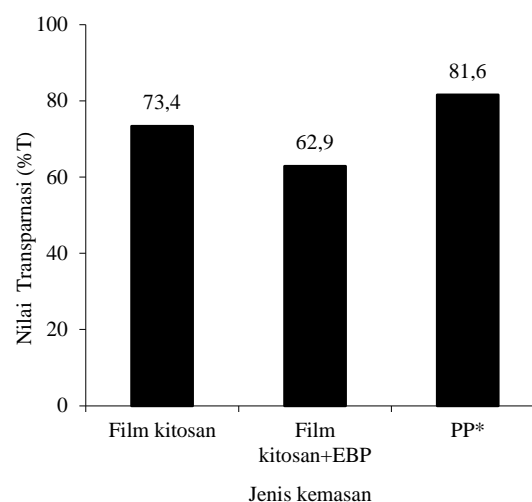
Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi gliserol berpengaruh positif terhadap sifat plastis dari film yang dihasilkan. Hasil yang sama juga diperoleh oleh peneliti lain (Li *et al.*, 2006; Gupta dan Magee, 2007; Bourtoom, 2008a,b). Namun demikian konsentrasi gliserol tidak berpengaruh baik terhadap kekuatan keliman dari film tersebut (Tabel 1). Semakin besar konsentrasi gliserol yang digunakan maka semakin plastis film tetapi sebaiknya semakin lemah kekuatan keliman film tersebut. Atas kesimpulan ini maka diputuskan untuk menggunakan film dengan konsentrasi gliserol 0,5% pada penelitian selanjutnya untuk uji sifat fisis mekanis film.

### Karakteristik Fisis dan Mekanis

#### Transparansi

Transparansi adalah kemampuan suatu bahan untuk meneruskan cahaya. Nilai transparansi kemasan disajikan pada Gambar 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai transparansi film kitosan yang ditambah EBP bernilai besar dibandingkan

dengan dua bahan kemasan lain. Hal ini terjadi karena EBP yang ditambahkan berwarna coklat sehingga terjadi perubahan warna larutan dan film menjadi lebih gelap. Plastik komersial PP bernilai paling tinggi, sangat transparan sehingga mudah mengantarkan cahaya. Plastik transparan mempunyai beberapa kelemahan untuk mengemas suatu produk, khususnya produk-produk yang sensitif cahaya, karena cahaya akan mempercepat proses ketengikan produk.



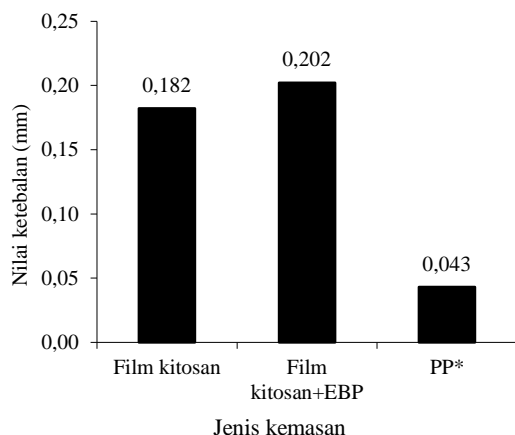
Keterangan: \* Benning (1983)

Gambar 4. Transparansi kemasan

#### Ketebalan

Gambar 5 menunjukkan bahwa film yang ditambah EBP lebih tebal dibandingkan film kitosan. Perbedaan ketebalan ini diduga karena EBP mengandung sejumlah senyawa seperti dialil disulfida, dialil trisulfida, alil propil disulfida,

sejumlah kecil disulfida dan dialil polisulfida yang dinamakan alisin (Seydim dan Sarikus, 2006). Adanya senyawa-senyawa ini mengakibatkan total padatan film lebih tinggi.



Keterangan: \*) Benning (1983)

Gambar 5. Ketebalan kemasan

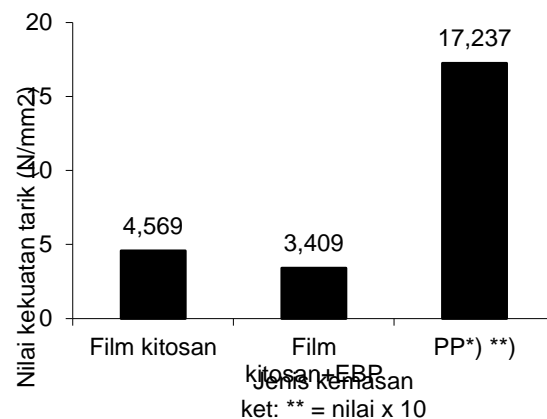
#### Kekuatan Tarik dan Elongasi

Kekuatan tarik menunjukkan ukuran ketahanan film, yaitu regangan maksimal yang dapat diterima sampel sebelum putus, sedangkan persen pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum yang dialami film pada saat sampel sobek. Nilai kekuatan tarik dan nilai elongasi dari kemasan yang diuji disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Film kitosan tanpa EBP memiliki nilai kekuatan tarik lebih tinggi dan elongasi lebih rendah dibandingkan dengan film kitosan yang ditambah EBP. Ikatan matrik polimer kemasan sangat menentukan kekuatan tarik suatu bahan kemasan, semakin berikatan baik antar molekul maka akan semakin tinggi kekuatan tariknya. Disisi lain, elongasi menunjukkan plastisitas suatu bahan kemasan. Penambahan bahan aditif EBP mampu meningkatkan daya plastisitas film kitosan. Hal ini diduga terjadi karena EBP yang ditambahkan akan mengisi ruang antar molekul pada struktur polimer dan akan meningkatkan kerapatan ruang antar molekul tersebut (Ahvenainen, 2003). Akibatnya, struktur yang terbentuk akan lebih padat sehingga film yang dihasilkan lebih plastis. Kitosan yang ditambah EBP dapat membentuk tekstur film yang baik karena mempunyai kemampuan mengikat komponen air dan minyak (mengandung gugus OH dan atau gugus NH) yang terdapat di dalam EBP (Brzeski, 1987).

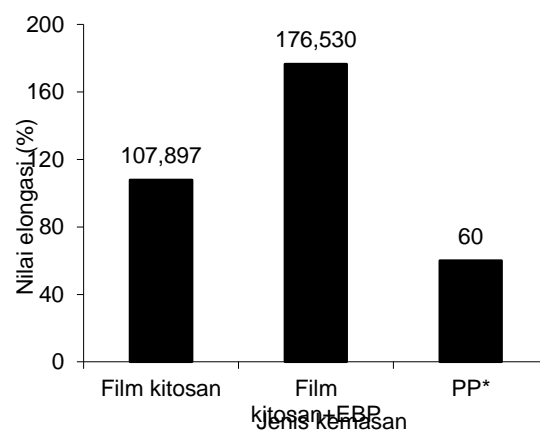
Benning (1983) menyatakan bahwa kekuatan tarik PP sebesar  $172.368 \text{ N/mm}^2$ . Hal ini sangat besar apabila dibandingkan dengan kekuatan tarik film kitosan dan film kitosan yang ditambah EBP yaitu sebesar  $4.569 \text{ N/mm}^2$  dan  $3.409 \text{ N/mm}^2$ . Kekuatan tarik film kitosan yang rendah

menyebabkan film ini tidak dapat digunakan untuk mengemas produk dengan bobot/berat tinggi.



Keterangan: \*) Benning (1983)

Gambar 6. Kekuatan tarik kemasan



Keterangan: \*) Benning (1983)

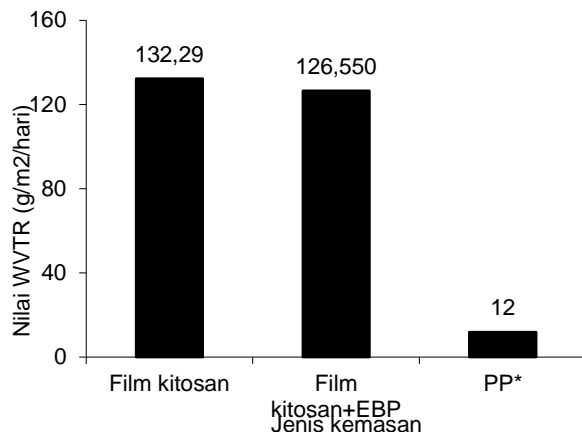
Gambar 7. Elongasi kemasan

#### Laju Transmisi Uap Air (Water Vapor Transmission Rate (WVTR))

Laju transmisi uap air merepresentasikan kemampuan suatu kemasan untuk menahan uap air untuk masuk ke dalam kemasan. Nilai laju transmisi uap air (WVTR) disajikan pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai laju transmisi uap air pada film kitosan tanpa EBP lebih besar dibandingkan dengan film dengan penambahan EBP. WVTR sangat dipengaruhi oleh ketebalan film. Bahan aditif EBP telah meningkatkan ketebalan dan kepadatan film dan hal ini akan memperlambat laju transmisi uap ataupun gas yang melewati film tersebut. Menurut Krochta dan Johnston (2003) EBP mengandung minyak dan air. Komponen minyak dan lemak mempunyai sifat perlindungan yang tinggi terhadap uap air sehingga

akan mengurangi sifat hidrofilik film kitosan. Karena itu uap air akan lebih susah untuk melewati kemasan tersebut. Lebih lanjut, jika dibandingkan dengan kemasan komersial PP yang sebesar 10-12 g/m<sup>2</sup>/24 jam (Benning, 1983), WVTR film kitosan masih jauh dari aplikasi komersial.



Keterangan: \*) Benning (1983)

Gambar 8. WVTR kemasan

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Secara umum, film kitosan memiliki karakteristik fisis dan mekanis yang lebih rendah dari PP. Film kitosan memiliki nilai kekuatan tarik dan nilai transparansi yang lebih rendah daripada PP dan nilai ketebalan, nilai elongasi, dan nilai WVTR yang lebih tinggi daripada PP. Film kitosan yang diproduksi mempunyai elastisitas yang cukup baik dilihat dari nilai elongasi yang cukup tinggi tetapi mempunyai permeabilitas yang sangat tinggi.

Konsentrasi gliserol secara nyata berpengaruh terhadap tekstur dan elastisitas film serta kualitas keliman. Konsentrasi 0,5% pada formulasi pembuatan film kitosan baik dengan EBP maupun tanpa EBP adalah yang terbaik dengan keliman terkuat dibandingkan dengan penambahan gliserol pada konsentrasi yang lain (0,8% dan 1%)

Film kitosan dengan penambahan ekstrak bawang putih secara umum lebih baik daripada film kitosan tanpa penambahan ekstrak bawang putih. Film kitosan tanpa penambahan ekstrak bawang putih memiliki nilai kekuatan tarik, nilai WVTR dan nilai transparansi yang lebih tinggi, dan memiliki nilai ketebalan dan nilai elongasi yang lebih rendah. Film kitosan yang dihasilkan dapat dikelim dan digunakan untuk membungkus produk walaupun kekuatan seal-nya masih lemah.

### Saran

Perlu diteliti lebih lanjut penambahan bahan aditif lain untuk memperbaiki permeabilitas film seperti lilin, wax ataupun bahan lain. Selain itu perlu

juga dilakukan uji kinerja bahan aktif EBP sebagai aktioksidan dalam film dengan mengaplikasikan film terproduksi untuk mengemas produk rentan ketengikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahvenainen R. 2003. *Active and intelligent packaging*. Ahvenainen, R (ed). Novel Food Packaging Techniques. Abington : Woodhead Publishing, p. 5-21.
- Benning CJ. 1983. *Plastics Film for Packaging*. Lancaster. Pennsylvania: Technomic Publishing Company, Inc.
- BPOM (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia). 2009. Pedoman Uji Migrasi Kemasan Pangan. BPOM RI, Jakarta.
- Brzeski MM. 1987. Chitin and Chitosan Putting Waste to Good Use. *Infotish*: 5 p. 31-33.
- Bourtoom T. 2008a. Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties. *Int Food Res J* 15 (3): 1 – 12.
- Bourtoom T. 2008b. Factors Affecting The Properties of Edible Film Prepared From Mung Bean Proteins. *Int Food Res J* 15 (2): 167-180.
- Bourtoom T. 2009. Review Article: Edible Protein Films: Properties Enhancement. *Int Food Res J* 16 (2): 1-9.
- Chen HC, Chang MD, dan Chang TJ. 1985. Antibacterial Properties of Some Spice Plants Before and After Heat Treatment. *Chin J Microbiol and Immunol*. 18 (2): 190-195.
- Dewick PM. 2003. *Medicinal Natural Product, A Biosynthetic Approach*. 2<sup>nd</sup> Edition. Chichester: J Wiley.
- Gontard N, Guilbert S, dan Cuq JL. 1993. Water and Glycerol as Plasticizer Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of Edible Wheat Gluten Film. *J Food Sci*. 58 (1): 206 - 211.
- Gupta BS dan Magee TRA. 2007. Textural Properties of Whey Based Edible Film. *Electr J Environ, Agric and Food Chem*. 6 (8): 2282-2289.
- Maftoonazad N dan Badii F. 2009. Use of Edible Film and Coating to Extend The Shelf Life of Food Product. *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*. 1 (2): 162 – 170.
- Kim KW dan Thomas RL. 2007. Antioxidative Activity of Chitosans With Varying Molecular Weights. *J Food Chem*. 101 (1): 308-313.
- Krochta JM dan DeMulder-Johnston C. 2003. Edible and Biodegradable Polymer Films; Challenges and Opportunities. *J. Food Technol*. 51 (2): 61-74.
- Li B, Kennedy JF, Peng JL, Yie X, Xie BJ. 2006. Preparation and Performance Evaluation of Glucomanan-Chitin-Nisin Ternary

- Antimicrobial Blend Film. *Carbohydr Polym.* 65 (4): 488 – 494.
- Lin HY dan Chou CC. 2004. Antioxidative Activities of Water-Soluble Disaccharide Chitosan Derivatives. *Food Res Int.* 37 (9): 883-889.
- Milda EE dan Kerry CH. 2009. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. New York: Springer.
- Noureddini HS, Dailey WR, dan Hunt BA. 1998. Production of Glycerol Ether From Crude Glycerol – The By-Product of Biodiesel Production [Papers]. Chemical and Biomolecular Engineering Research and Publication. University of Nebraska – Lincoln.
- Robertson GL. 1993. *Food Packaging. Principle and Practice*. New York: Marcel deckker Inc.,.
- Seydim AC dan Sarikus G. 2006. Antimicrobial Activity of Whey Protein Based Edible Films Incorporated With Oregano, Rosemary and Garlic Essential Oils. *Food Res Int.* 39 (5): 639-644.
- Tharanathan RN. 2003. Biodegradable Films and Composite Coating: Past, Present and Future. *Trend in Food Sci. and Technol.* 14: 71-78.
- Vaidya V, Ingold KU, dan Pratt DA. 2008. Garlic: Source of The Ultimate Antioxidants - Sulfenic Acids. *J Angew Chem Int Ed Engl.* 48 (1): 157-160.
- Zhong QP dan Xia WS. 2008. Physicochemical Properties of Edible and Preservative Films from Chitosan/Cassava Starch/ Gelatin Blend Plasticized With Glycerol. *Food Technol and Biotechnol.* 46 (3): 262–269.